

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

4 320 637

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 76 23227

(54)

Dispositif semi-conducteur à points de contact en relief.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.²). H 01 L 21/28; C 25 D 11/32.

(22)

Date de dépôt 29 juillet 1976, à 15 h 40 mn.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique le 4 août 1975, n. 601.856 au nom de Raymond Eugene Scherrer.*

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande

B.O.P.I. — «Listes» n. 9 du 4-3-1977.

(71)

Déposant : Société dite : ITT INDUSTRIES INC., résidant aux Etats-Unis d'Amérique.

(72)

Invention de : Raymond Eugène Scherrer.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Jean Blondeau.

La présente invention concerne des dispositifs semi-conducteurs et, plus particulièrement, des dispositifs semi-conducteurs comportant des points de contact en relief.

Jusqu'à présent les dispositifs semi-conducteurs montés dans des boîtiers normalisés étaient reliés aux broches de sortie du boîtier en utilisant des conducteurs fins qui étaient brasés ou soudés, d'une part, sur l'extrémité interne des broches et, d'autre part, sur des points de contact formés à la périphérie du dispositif semi-conducteur. Ces points de contact comportaient des régions de matériau conducteur, tel que de l'aluminium.

Afin de tenter de réduire le coût de l'assemblage des dispositifs semi-conducteurs, particulièrement dans les circuits intégrés, on a développé une technique connue sous le nom de "Flip-chip". Dans ce procédé, le dispositif semi-conducteur est fabriqué avec des régions de contact en relief, ou plots de contact, qui viennent s'appuyer sur des régions métallisées d'un substrat quand on retourne le dispositif semi-conducteur et qu'on le place correctement sur le substrat. Les plots de contact sont ensuite soudés aux régions métallisées en utilisant un soudage aux ultra-sons, un soudage par thermo-compression, ou un soudage par collage.

Il existe plusieurs méthodes pour obtenir des plots de contact sur un dispositif semi-conducteur, dont une qui comporte les opérations de revêtement du dispositif semi-conducteur au moyen d'une couche protectrice de verre, puis de percement de trous à travers le verre pour exposer des points de contact sur le dispositif semi-conducteur. Ensuite on place des petites billes de soudure dans les trous, les billes étant assez grandes pour dépasser au-dessus de la surface du dispositif semi-conducteur et pour venir en contact avec le substrat quand on retourne et place correctement le dispositif semi-conducteur sur le substrat.

Le procédé "Flip-chip" qui donne les meilleurs résultats consiste à utiliser des billes de cuivre à la place des billes de soudure pour établir les contacts électriques entre le dispositif semi-conducteur et le substrat.

Bien que la technique "Flip-chip" ait réduit le temps d'assemblage du circuit, des opérations supplémentaires sont nécessaires pendant la fabrication du dispositif semi-conducteur. Le dispositif doit être revêtu de verre et les trous doivent être obtenus par attaque chimique, ensuite il faut placer les billes correctement dans les trous et les souder. Le coût et le temps nécessaires pour effectuer ces opérations supplémentaires compensent pratiquement les avantages obtenus par l'utilisation de la technique "Flip-chip".

La présente invention a pour objet la fabrication de plots de contact sur un dispositif semi-conducteur de manière que le dispositif puisse

être monté simplement en utilisant la technique d'assemblage "Flip-chip". Le plot de contact est fabriqué en anodisant sélectivement le matériau semi-conducteur aux endroits prévus pour les points de contact. L'anodisation est effectuée jusqu'à ce que le matériau anodisé dépasse au-dessus de la surface du dispositif semi-conducteur. Une couche d'un matériau conducteur, tel que l'aluminium, est déposée sélectivement sur les régions des points de contact périphériques et peut aussi s'étendre jusqu'à des points de contact ohmique sur le dispositif semi-conducteur.

La métallisation des plots de contact ne nécessite pas d'opération supplémentaire dans le procédé car les bandes de connexion et les points de contact sont normalement fabriqués par un dépôt de métal. L'opération d'anodisation est effectuée à basse température et n'est donc pas préjudiciable au matériau semi-conducteur ; de plus, l'opération ne dure pas longtemps. Quand on utilise des techniques d'isolation au silicium anodisé, telles que celles décrites dans la demande de brevet français déposée ce jour au nom de la Société demanderesse et intitulée : "Méthode de fabrication de régions diélectriques dans un matériau semi-conducteur", l'opération d'anodisation destinée à la fabrication des plots de contact peut être combinée avec une opération d'anodisation prévue pour la formation des parties isolantes.

Un objet majeur de la présente invention consiste à réaliser un plot de contact sur un dispositif semi-conducteur.

Un autre objet de la présente invention consiste à réaliser un plot de contact qui peut être fabriqué sans nécessiter d'opérations de traitement supplémentaires, ni de coût additionnel au cours de la fabrication d'un dispositif semi-conducteur.

Un autre objet de la présente invention consiste à fabriquer un dispositif semi-conducteur bon marché comportant des plots de contact de manière qu'il puisse être assemblé en utilisant la technique "Flip-chip".

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, en se reportant aux figures annexées qui représentent :

- les figures 1 à 4, des vues en coupe verticale d'une partie d'un dispositif semi-conducteur au cours des diverses étapes de la fabrication d'un plot de contact ;
- la figure 5, une vue schématique permettant d'illustrer une étape du procédé suivant l'invention ;
- la figure 6, les courbes représentatives des caractéristiques tension-courant de deux électrolytes pour un ensemble particulier de paramètres d'anodisation ;
- la figure 7, une vue en coupe verticale d'une partie du dispositif

semi-conducteur monté sur un substrat.

A la figure 1, on a montré une couche de matériau semi-conducteur 10 qui représente une partie d'un dispositif semi-conducteur. Le matériau semi-conducteur 10 est soumis à une oxydation pour former une couche 12 d'oxyde diélectrique sur au moins une partie de sa surface, mais de préférence sur toutes les surfaces exposées. Bien qu'une oxydation soit la méthode préférée pour obtenir la couche diélectrique 12 sur le matériau semi-conducteur, on peut prévoir d'autres procédés pour obtenir la couche diélectrique, par exemple le dépôt de nitrure de silicium ou d'oxyde diélectrique sur la surface du semi-conducteur. En utilisant un procédé classique, tel que le procédé photolithographique, on enlève par attaque chimique des régions 14 prédéterminées pour les plots de contact afin d'exposer le matériau semi-conducteur dans ces régions 14. Les parties restantes de la couche diélectrique 12 forment un masque, comme le montre la figure 2.

Le matériau semi-conducteur exposé dans les régions 14 est anodisé pour former le matériau anodisé diélectrique 16 que montre la figure 3. Au cours de l'anodisation, le matériau semi-conducteur subit une augmentation importante de volume si bien que le matériau anodisé 16 dépasse au-dessus de la surface du dispositif semi-conducteur pour former une partie en relief.

L'anodisation est effectuée en appliquant directement un potentiel positif au matériau semi-conducteur 10 tandis qu'on immerge le dispositif tout entier dans la solution anodisante 18 qui contient un électrolyte et une cathode 20, comme le montre la figure 5. Le matériau semi-conducteur 10 forme une anode dans les régions 14 quand on lui applique le potentiel positif.

Pour obtenir un point de contact en relief, le matériau anodisé 16 doit former une masse qui dépasse suffisamment au-dessus de la surface du dispositif semi-conducteur et doit donc être relativement épais. On ne peut développer une épaisseur suffisante que si le matériau anodisé est poreux de manière que l'électrolyte pénètre jusqu'au matériau semi-conducteur non anodisé, au cours de l'opération d'anodisation. Quand le matériau anodisé n'est pas poreux, il agit comme un isolant et arrête l'anodisation une fois que l'on a développé un film mince.

On peut obtenir un matériau anodisé poreux de deux façons. Tout d'abord, on peut choisir un électrolyte qui attaque chimiquement le matériau anodisé pour y créer des pores. Ensuite, on peut induire une réaction de type exothermique qui forme un matériau anodisé poreux.

Dans la première méthode, l'électrolyte doit attaquer le matériau anodique avec une vitesse importante.

On a déterminé que les électrolytes à base d'acides formaient un

matériau anodisé poreux qui pouvait se développer jusqu'à une épaisseur suffisante pour créer un point de contact en relief. On peut former un matériau anodisé poreux en utilisant presque tous les électrolytes à base d'acides dans des conditions de température et d'intensité de courant correctes. Par exemple, on peut régler la concentration en acide dans de l'eau désionisée pour obtenir une intensité de 3 ampères, sous une tension de 80 à 120 volts, appliquée à un pavé de 2,5 cm environ de diamètre. On poursuit l'anodisation jusqu'à obtenir l'épaisseur désirée. Des électrolytes à base d'acides borique, sulfurique, nitrique et phosphorique se sont révélés tout à fait utilisables. Des résultats obtenus en utilisant divers types d'électrolytes, dans différentes conditions de température et d'intensité, sont décrits dans la demande de brevet français déjà mentionnée ci-dessus.

Dans la seconde méthode, on augmente le potentiel d'anodisation et l'intensité résultante jusqu'à un niveau tel que l'on ait une réaction de type exothermique qui entraîne une anodisation rapide du matériau semi-conducteur. Apparemment, ce phénomène résulte d'un claquage électrique du film anodisé normal. On a découvert que l'anodisation exothermique produisait un matériau anodique très poreux qui permet d'obtenir des épaisseurs importantes.

Dans des conditions correctes, l'anodisation s'arrête quand la profondeur du matériau anodisé est à peu près égale à la largeur de l'ouverture dans le masque d'oxyde. Les conditions de l'opération dépendent les unes des autres et varient considérablement si bien que les conditions particulières pour un dispositif donné doivent être établies à partir de données empiriques.

En variante, on peut arrêter l'anodisation en coupant l'alimentation électrique quand on a obtenu l'épaisseur désirée. On peut établir, à partir de données expérimentales, une courbe de l'épaisseur en fonction du temps, si bien qu'avec la courbe on peut choisir le moment de la coupure de l'alimentation.

On a fait des expériences en utilisant des électrolytes contenant de l'acide borique, sulfurique, nitrique ou phosphorique. La figure 6 montre les caractéristiques tension-courant pour des électrolytes à base d'acides nitrique et phosphorique. Il faut noter qu'avec l'acide nitrique, la courbe présente un coude marqué. Au-dessous du coude, on a une anodisation normale contrôlée tandis qu'au-dessus du coude on a une anodisation de type exothermique. Comme les deux modes de fonctionnement sont parfaitement séparés et ne se mélangent pas, on peut choisir d'effectuer soit une anodisation normale, soit une anodisation exothermique, sans risque de passer de la première à la seconde.

Dans le cas d'une grande surface à anodisation uniforme, il faut

- fournir le courant suffisant, au-dessus du coude, pour claquer électriquement le film anodique sur toute la surface. L'impédance de la couche anodisée nouvellement formée importe par dessus tout pour avoir ensuite une vitesse d'anodisation pratiquement invariable sur toute la surface immergée du pavé.
- 5 Il faut isoler l'autre face du pavé, car on ne désire pas l'anodisation de cette surface qui nécessiterait encore plus de courant d'anodisation et augmenterait la consommation en puissance électrique.

- La courbe tension-courant d'un électrolyte à l'acide phosphorique varie de façon continue et ne présente pas le coude caractéristique de l'électrolyte à l'acide nitrique. On a donc découvert que l'on pouvait facilement induire le mode d'anodisation rapide en utilisant de l'électrolyte à l'acide phosphorique. De préférence, l'électrolyte contient un mélange d'acide phosphorique dans de l'eau désionisée et l'anodisation a lieu à la température ordinaire. On a également découvert que l'électrolyte à l'acide phosphorique produit une anodisation uniforme sur des surfaces relativement grandes. Ainsi, pour fabriquer des plots de contact, on préfère utiliser un électrolyte à base d'acide phosphorique car il produit une anodisation uniforme, il permet un fonctionnement à la température ordinaire et il permet d'induire facilement une réaction de type exothermique qui permet pratiquement
- 10 de fabriquer un film de 1 micromètre par minute.

- L'opération finale de fabrication des plots de contact comprend le dépôt d'un matériau conducteur, tel que l'aluminium 22, sur les régions anodisées. L'aluminium peut être évaporé sur les régions voulues en utilisant un masque ; on peut également le déposer sur tout le dispositif semi-conducteur,
- 25 puis l'enlever des surfaces non désirées en utilisant un procédé photolithographique bien connu dans la technique. Après le dépôt de l'aluminium, le plot de contact est terminé, comme le montre la figure 4.

- A la figure 7, on a montré une partie d'un dispositif semi-conducteur 24 comportant un substrat 26, une région de collecteur 28, une base 30 et un émetteur 32. Des plots de contact 34 ont été formés sur le dispositif 24 et comprennent le matériau semi-conducteur anodisé 36 et l'aluminium 38 déposé sur le matériau semi-conducteur anodisé 36. Il y a une couche d'oxyde 40 à la surface du dispositif semi-conducteur 24, laquelle isole l'aluminium 38 du matériau semi-conducteur du dispositif. On forme des fenêtres de contact
- 30 42 dans des régions prédéterminées de la couche d'oxyde 40 pour obtenir des contacts avec les régions d'émetteur 32 et de base 30 du dispositif semi-conducteur. L'aluminium 38 recouvre l'oxyde 40 et pénètre dans les fenêtres de contact 42 pour établir les liaisons conductrices entre l'émetteur et la base, d'une part, et leurs plots de contact correspondants 34, d'autre part.
- 40 Le dispositif semi-conducteur 24 est retourné et placé sur le substrat 44 de

manière que les plots de contact 34 viennent en contact avec des régions métallisées 46 formées sur le substrat 44. La figure 7 montre un dispositif semi-conducteur 24 monté sur le substrat 44 en utilisant la technique "Flip-chip".

- 5 Ainsi, la présente invention permet de produire à bon marché des plots de contact appropriés sur un dispositif semi-conducteur de manière que ce dernier puisse être monté sur un substrat en utilisant la technique "Flip-chip". La formation du plot de contact ne nécessite pas d'opérations supplémentaires quand on utilise des techniques d'isolation au silicium
- 10 anodisé. Quand on n'utilise pas de techniques d'isolation au silicium anodisé, il ne faut prévoir qu'une courte opération d'anodisation à basse température en plus des traitements classiques.

- Il est bien évident que la description qui précède n'a été donnée qu'à titre d'exemple non limitatif et que de nombreuses variantes peuvent être
- 15 envisagées sans sortir pour autant du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Point de contact en relief caractérisé en ce qu'il comprend une région de matériau anodisé formée dans un matériau semi-conducteur et dépassant au-dessus de la surface du matériau semi-conducteur, et une couche de matériau conducteur disposée sur ledit matériau anodisé.
- 5 2. Point de contact suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau anodisé est un matériau semi-conducteur anodisé.
3. Point de contact suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau conducteur est de l'aluminium.
4. Point de contact suivant la revendication 1, caractérisé en ce que
10 le matériau semi-conducteur est du silicium, en ce que le matériau anodisé est du silicium anodisé, et en ce que le matériau conducteur est de l'aluminium.
5. Dispositif semi-conducteur comportant un corps de matériau semi-conducteur d'un premier type de conductivité, une région du second type de
15 conductivité étant formée dans ledit corps pour constituer une jonction PN avec le matériau du premier type de conductivité, une couche de matériau isolant recouvrant au moins des parties d'une surface dudit corps, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux régions de matériau semi-conducteur anodisé passant au-dessus de ladite surface et au moins deux parties d'une couche de
20 matériau conducteur disposées sur les régions de matériau semi-conducteur anodisé et sur des parties de la couche isolante, ledit matériau conducteur recouvrant des ouvertures dans la couche isolante pour former des contacts avec les matériaux des premier et second types de conductivité.
6. Dispositif semi-conducteur comprenant des matériaux semi-conducteurs
25 du premier et du second type de conductivité formant une jonction PN, caractérisé en ce qu'il comprend une région de matériau semi-conducteur anodisé formée dans le matériau semi-conducteur et dépassant au-dessus de la surface du matériau semi-conducteur, et une couche de matériau conducteur disposée sur le matériau anodisé et en contact électrique avec l'un desdits
30 matériaux semi-conducteurs.
7. Dispositif semi-conducteur suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le matériau conducteur comprend deux parties, chacune étant respectivement reliée électriquement à un matériau d'un type de conductivité.
8. Dispositif semi-conducteur comportant un élément électronique
35 fonctionnel formé de matériaux semi-conducteurs des premier et second types de conductivité, caractérisé en ce qu'il comprend un matériau semi-conducteur anodisé dépassant au-dessus de la surface des matériaux semi-conducteurs et un

matériau conducteur disposé sur ledit matériau anodisé et en contact avec lesdits matériaux semi-conducteurs.

9. Méthode de formation d'un plot de contact sur un matériau semi-conducteur, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : formation d'une couche isolante protectrice sur une surface du matériau semi-conducteur, enlèvement d'une partie de la couche isolante dans la région du plot de contact désiré pour exposer le matériau semi-conducteur, anodisation d'au moins une partie du matériau semi-conducteur du matériau exposé dans ladite région de manière que le matériau anodisé dépasse la surface du matériau semi-conducteur, et formation d'une couche conductrice sur le matériau anodisé.

10. Méthode suivant la revendication 9, caractérisée en ce que la couche isolante protectrice est formée par oxydation du matériau semi-conducteur.

11. Méthode suivant la revendication 9, caractérisée en ce que la couche conductrice est formée en déposant de l'aluminium sur le matériau semi-conducteur anodisé.

12. Méthode suivant la revendication 9, caractérisée en ce que l'étape d'anodisation comprend les stades suivants : immersion du matériau semi-conducteur dans une solution anodisante et application d'un potentiel d'anodisation au matériau de manière que le matériau semi-conducteur exposé dans ladite région se comporte comme une anode.

13. Méthode suivant la revendication 12, caractérisée en ce que la solution anodisante contient un acide.

14. Méthode suivant la revendication 12, caractérisée en ce que la solution anodisante est choisie dans un groupe comprenant des solutions à base d'acides sulfurique, phosphorique, borique et nitrique.

15. Méthode suivant la revendication 12, caractérisée en ce que le potentiel d'anodisation est élevé à un niveau tel qu'il se produit une réaction de type exothermique entraînant une anodisation uniforme rapide du matériau semi-conducteur dans toute la région immergée et exposée.

16. Méthode suivant la revendication 15, caractérisée en ce que la profondeur d'anodisation et la hauteur du matériau anodisé au-dessus du matériau semi-conducteur sont contrôlées par la largeur de ladite région.

17. Méthode de montage d'un dispositif semi-conducteur sur un substrat et d'obtention de contacts électriques entre le dispositif semi-conducteur et des régions de contact du substrat, caractérisée en ce qu'elle comprend les étapes suivantes : formation d'une couche isolante protectrice à la surface du matériau semi-conducteur du dispositif semi-conducteur, enlèvement de parties de la couche isolante dans les régions de contact désirées pour exposer le

- matériau semi-conducteur, anodisation d'au moins une partie du matériau semi-conducteur dans les régions exposées de manière que le matériau semi-conducteur anodisé dans les régions exposées dépasse au-dessus de la surface du matériau semi-conducteur, formation d'une couche sur le matériau anodisé pour former
- 5 des plots de contact, connexion des plots de contact aux régions actives du dispositif semi-conducteur, montage du dispositif semi-conducteur sur ledit substrat de manière que les plots de contact viennent s'appuyer sur les régions de contact du substrat, et soudage desdits plots de contact sur les régions de contact du substrat.
- 10 18. Méthode suivant la revendication 17, caractérisée en ce que l'étape d'anodisation comprend les stades suivants : immersion du matériau semi-conducteur dans une solution anodisante, et application d'un potentiel d'anodisation au matériau semi-conducteur de manière que le matériau semi-conducteur exposé dans lesdites régions se comporte comme une anode et soit
- 15 anodisé.
19. Méthode de formation d'un plot de contact dans une région choisie d'un matériau semi-conducteur, caractérisée en ce qu'elle comprend l'anodisation d'au moins une partie du matériau semi-conducteur dans la région choisie de manière que le matériau anodisé dépasse au-dessus de la surface du
- 20 matériau semi-conducteur et formation d'une couche conductrice sur le matériau anodisé.

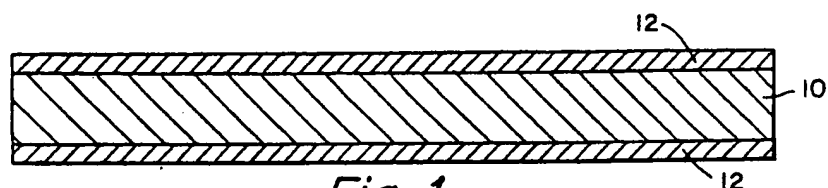


Fig. 1

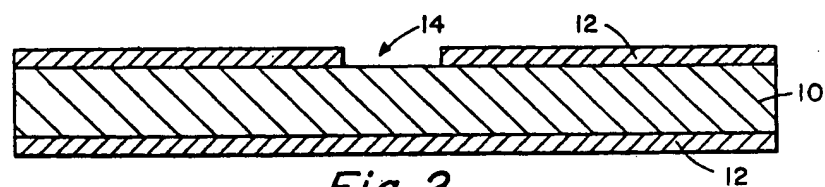


Fig. 2

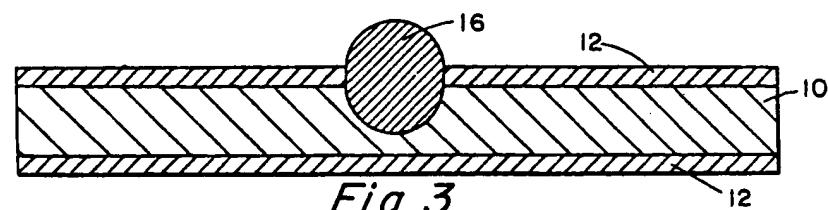


Fig. 3

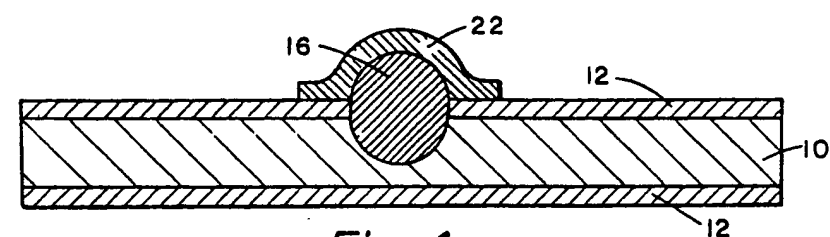


Fig. 4

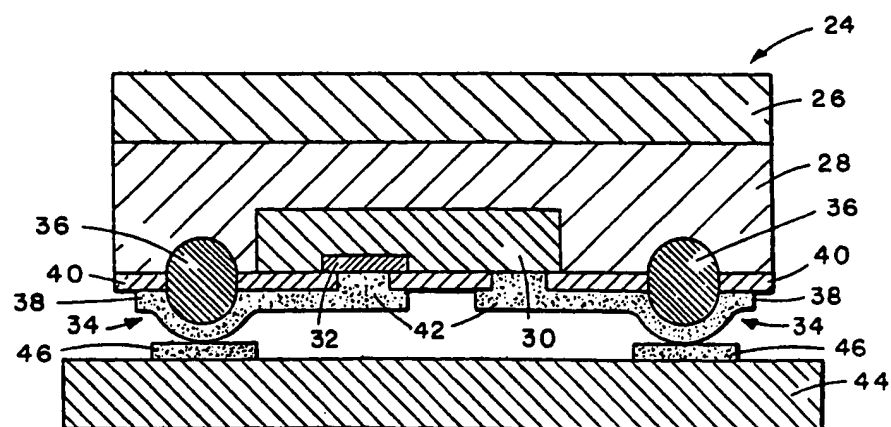


Fig. 7

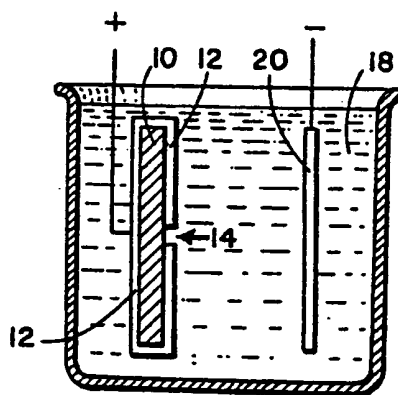


Fig. 5

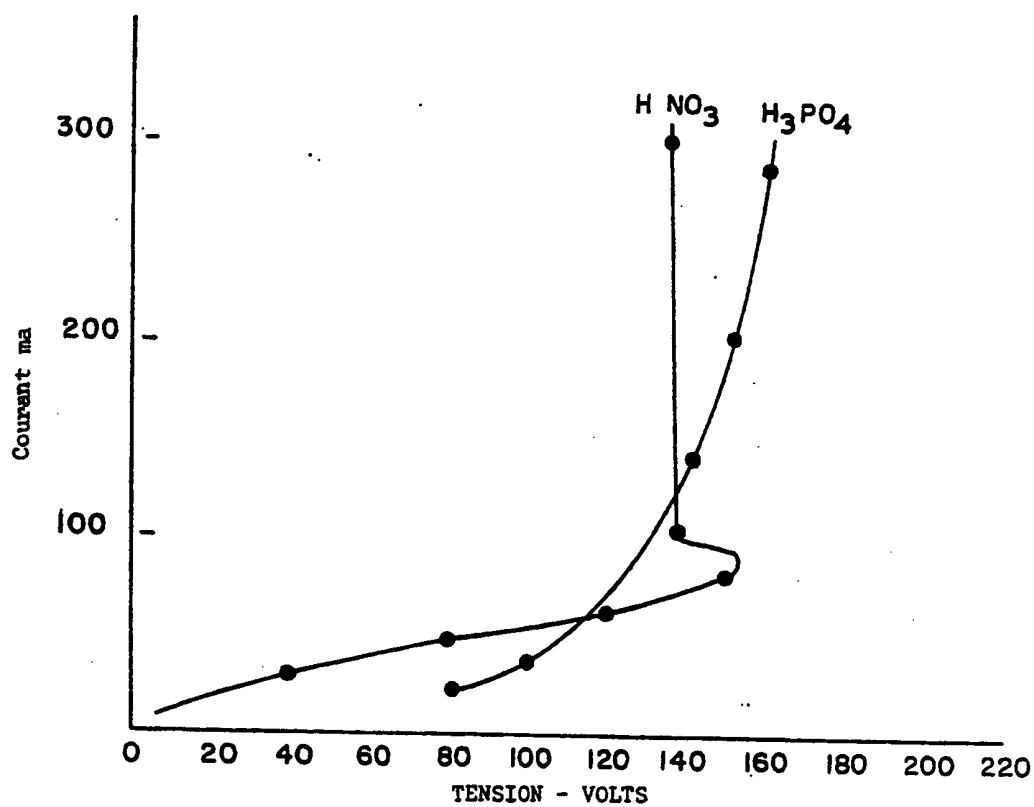


Fig. 6